

Tr. 1954

(1)

TESI DI LAUREA

CONTRIBUTO

ALLA

FISIOLOGIA DEL TETANO

DEI

MUSCOLI STRIATI

RICERCHE

FATTE DAL

**Dott. VITTORIO ADUCCO**

Assistente al Laboratorio di Fisiologia  
della R. Università di Torino.



TORINO

ERMANN O LOESCHER

Librato della R. Accademia delle Scienze

1885

---

Estr. dagli *Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino*, Vol. XX.  
Adunanza del 31 Maggio 1885

---

TORINO, STAMPERIA REALE

di G. B. Paravia e C.

---

CONTRIBUTO

ALLA

FISIOLOGIA DEL TETANO

DEI MUSCOLI STRIATI

---

1.

Nel corso di una serie di studi, che fin dall'anno scorso il Prof. Mosso ha incominciato e che va continuando sulla anatomia, istologia e fisiologia dei muscoli pellicciai nei varii animali, ed a cui ha voluto che io prendessi parte, dovetti occuparmi più volte del tetano di questi muscoli, paragonandolo con quello di altri muscoli del tronco. Siccome gli animali, su cui si sperimentava, erano i conigli, così il paragone veniva più specialmente fatto tra il pellicciaio ed i muscoli bianchi e rossi.

Io qui lascerò in disparte il pellicciaio, giacchè sopra di esso si studia tuttora nel Laboratorio di Fisiologia, e mi limiterò a riferire le esperienze fatte sui muscoli bianchi e sui muscoli rossi. Riferisco tali esperienze perchè il metodo seguito ed i risultati ottenuti sono notevolmente, anzi sostanzialmente diversi da quelli seguiti ed ottenuti da altri.

E poichè tali esperienze furono fatte con lo scopo di controllare quelle di RANVIER, pubblicate nel 1874, e quelle di KRONECKER e STIRLING, pubblicate nel 1878, sarà bene che io faccia un breve riassunto di quanto hanno fatto questi autori (1).

RANVIER fece le sue esperienze sopra i muscoli semitendinoso

---

(1) Dovrei parlare anche di un lavoro pubblicato su questo argomento nel 1875 da MAYER, cioè tre anni prima di quello di KRONECKER e STIRLING, ma credo che non sia necessario. In questo lavoro l'A. cerca specialmente

(rosso) e grande adduttore o vasto interno (bianchi) del coniglio, servendosi della pinza miografica di MAREY. Attraverso alle due branche della pinza, che stringevano il muscolo, faceva passare una corrente indotta, che interrompeva un numero determinato di volte al minuto secondo. Trovò che *il muscolo rosso, per un eccitamento, che si ripete 50-55 volte al minuto secondo, si tetanizza ben presto, mentre il muscolo bianco risponde ancora con 357 scosse ad un eccitamento, che si ripete 357 volte al secondo*. Quindi, secondo RANVIER, ogni singola scossa del muscolo bianco potrebbe avere la durata di  $\frac{1}{357}$  di secondo, mentre quella del muscolo rosso deve almeno durare  $\frac{1}{50}$ ; od, altrimenti, più di 357 eccitamenti devono susseguirsi nell'intervallo di un minuto secondo, per dare un tetano completo nel muscolo bianco, mentre solo una cinquantina circa basterebbero per produrre lo stesso effetto nel muscolo rosso. — *I muscoli bianchi sarebbero muscoli di azione per eccellenza, i rossi sarebbero muscoli equilibratori, regolatori, inibitori o di arresto*. — Non credo sia il caso di riferire le ricerche istologiche fatte dal medesimo autore sopra queste due specie di muscoli (1), nè quelle fatte allo scopo di determinare quale sia la causa della diversità del colore e neppure quelle sul tempo latente, sulla forma della scossa e sulla sua durata, le quali ultime, quantunque si connettano con la questione, che ho per le mani, tuttavia tralascio, come le altre, perchè mi porterebbero troppo in lungo.

KRONECKER e STIRLING, prendendo le mosse dalla asserzione di RANVIER, che il muscolo rosso non si tetanizzava per meno di 50 eccitamenti al secondo e che il bianco rispondeva ancora

---

la causa della diversità di colore, di struttura, di funzione tra muscoli bianchi e muscoli rossi e la trova nello stato di domesticità, cui vennero sottoposti conigli, cavie, polli. (Ma d'altra parte quasi tutti i pesci, che io ho potuto osservare, hanno un muscolo rosso e dei muscoli bianchi). Tocca pure in questo lavoro del tetano dei muscoli bianchi e dei muscoli rossi. Il semitendinoso (rosso) risponderebbe fino a 192 stimoli al minuto primo; l'adduttore (bianco) fino a 357 al minuto primo.

Per MAYER i numeri trovati da RANVIER dovrebbero riferirsi non ad un tempo computato in minuti secondi, ma ad un tempo computato in minuti primi. Io non credo si possa fare a RANVIER l'appunto di aver scambiato i minuti primi per minuti secondi. Del resto i tracciati di MAYER sono ben lungi dall'ingenerare fiducia per il metodo sperimentale da lui adottato.

(1) A tale riguardo ho già raccolto in questo Laboratorio un certo numero di ricerche, che verranno pubblicate, non appena saranno state estese a maggior numero di animali.

357 volte a 357 eccitamenti al secondo, iniziarono una serie di esperienze per confutarne i risultati. A questi autori, compulsando la letteratura dell'argomento, era parso che i numeri trovati da RANVIER fossero soverchiamente grandi ed attribuirono tosto tale fatto allo apparecchio adoperato (pinza miografica di MAREY). — Per ovviare allo inconveniente eliminarono ogni membrana elastica e usarono una leva del peso di 20 grammi circa, cui attaccarono al tendine del muscolo *gastrocnemius medialis* (bianco), o *soleus* (rosso) per mezzo di un forte filo, passante sopra una adatta puleggia. Il muscolo veniva eccitato o direttamente o per mezzo del nervo sciatico con elettrodi di platino. Per graduare la intensità degli eccitamenti si valsero di uno strumento chiamato il « *Toninductorium* ». Per graduare il numero degli eccitamenti si servirono o di un interrompitore di RUHMKORFF (da 2 a 14 aperture e chiusure), o di un diapason di KÖNIG (10-180 mezze vibrazioni), o del martello, che si trova nell'induttore a slitta di WAGNER, o del *Toninductorium* suddetto (che però usarono solo per determinare quale fosse il limite superiore di frequenza dell'eccitamento oltre il quale il tetano non era più possibile).

Le esperienze eseguite con questo metodo diedero i seguenti risultati:

1° *Il muscolo rosso del coniglio per un eccitamento, che si ripete 4 volte al secondo, presenta un tetano incompleto; per uno, che si ripete 10 volte, completo.*

2° *Il muscolo bianco si tetanizza per un eccitamento, che si ripete da 25 a 30 volte al minuto secondo.*

Quindi, secondo KRONECKER e STIRLING, la scossa del muscolo rosso durerebbe più di  $\frac{1}{10}$  di secondo, quella del muscolo bianco più di  $\frac{1}{25}$  o di  $\frac{1}{30}$  di secondo.

La differenza fra le conclusioni di RANVIER e quelle di KRONECKER e STIRLING è così grande, che volli controllare le loro ricerche per farmi un concetto mio proprio in questa controversia.

## 2.

Prima di riferire le esperienze fatte per risolvere il quesito, che mi sono proposto, credo conveniente di fermarmi alquanto sopra una idea emessa da KRONECKER, STIRLING, STANLEY HALL e che a me non sembra ammissibile.

KRONECKER e STIRLING a pag. 18 della loro Memoria dicono:



« MAREY stesso ha fatto notare che la membrana elastica della pinza miografica deforma la curva delle scosse muscolari rapide, mentre trasmette fedelmente (in numero) i movimenti vibratorii (ad es., di un corista). Potrebbero quindi *i rapidi scuotimenti del muscolo tetanizzato* comunicare alla leva della pinza miografica delle vibrazioni corrispondentemente ingrandite che, per la loro considerevole ampiezza, possono trarre in inganno ».

In un altro lavoro pubblicato nel 1879 da KRONECKER e STANLEY HALL a pag. 15 sta scritto: « Uno di noi interpretò già i 357 denti per secondo della curva, ottenuta da Ranvier, nel muscolo bianco del coniglio, come vibrazioni del tono muscolare ecc. », e, poco dopo, pag. 16, ancor più chiaramente: « I sollevamenti delle onde (Verdickungswellen) non sono da ritenersi come carattere di accorciamento discontinuo ».

Da queste citazioni risulta chiaramente come per gli autori le onde, che si hanno nelle curve ottenute eccitando un muscolo un numero di volte più grande di quello, che essi ritengono sufficiente a produrre il tetano, non sono scosse ma bensì vibrazioni sonore.

Che il muscolo in contrazione dia un suono è ammesso da tutti. Le ricerche di GRIMALDI, WOLLASTON, HAUGHTON, COLLONGUES, HELMHOLTZ, BERNSTEIN, ecc. sono tutte d'accordo. Non è quindi su ciò che io voglio discutere, ma sopra la interpretazione che, secondo KRONECKER, STIRLING, STANLEY HALL, si dovrebbe dare alle vibrazioni del muscolo.

Per rendere più chiaro quello che io voglio dire debbo premettere poche generalità.

In generale si ritiene che un muscolo sia in tetano od in contrazione permanente, quando esso produce un effetto visibile continuo, persistente e senza interruzione per un dato tempo, oppure quando traccia sulla carta infumata una linea retta, senza alcuna ondulazione. Che in queste condizioni anche lo stato molecolare del muscolo sia invariato o non sia, che, cioè, in queste condizioni avvengano ancora o non avvengano degli accorciamenti e degli allungamenti così esigui da non alterare l'effetto visibile, su cui fondiamo il concetto di tetano, è cosa importantissima, ma che per ora non deve occuparci.

Inoltre il muscolo ha la proprietà di rispondere in modo visibile e registrabile ad un numero determinato di stimoli, che si scarichino in esso nell'unità di tempo. Se questo numero vien superato, le risposte del muscolo, se pur hanno luogo, non sono più nè visibili nè registrabili.

La questione di cui mi sono occupato nel mio lavoro deve essere compresa in limiti assai stretti; e lo stesso deve dirsi dei lavori fatti da altri sopra tale argomento. Si trattava di cercare il momento in cui muscoli diversi cessassero di reagire agli stimoli in modo visibile e registrabile, vale a dire quale fosse il numero di stimoli necessario in diversi muscoli per produrre il tetano, inteso nel senso che ho detto sopra.

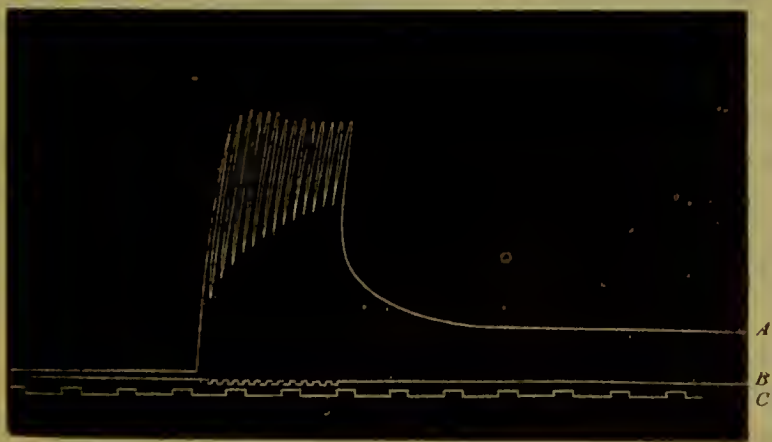
Posto in questi termini il problema, possiamo discutere la opinione di KRONECKER, STIRLING e STANLEY HALL.

Essi, come dissi, credono che la curva del muscolo, il quale si contrae, possa presentare delle ondulazioni anche quando si ha il tetano più completo. Queste ondulazioni scritte non sarebbero scosse ma vibrazioni sonore. A me sembra che contro questo modo di vedere si possano addurre parecchie ragioni, di cui mi restringerò ad esporre le seguenti:

1° Nel tracciato, che rappresenta le scosse del muscolo, si può produrre una diminuzione nell'altezza delle scosse tanto conservando invariato il numero degli eccitamenti per minuto secondo ma aumentandone la intensità, quanto conservando invariata la intensità dello stimolo ma aumentandone il numero. Di questo fatto io mi sono convinto con numerose esperienze. Fra i molti tracciati ottenuti ne sceglierò due.

La fig. 1 venne ottenuta scaricando nel muscolo gastrocnemio di una rana fresca 6 eccitamenti di chiusura e 6 di apertura al

FIG. 1

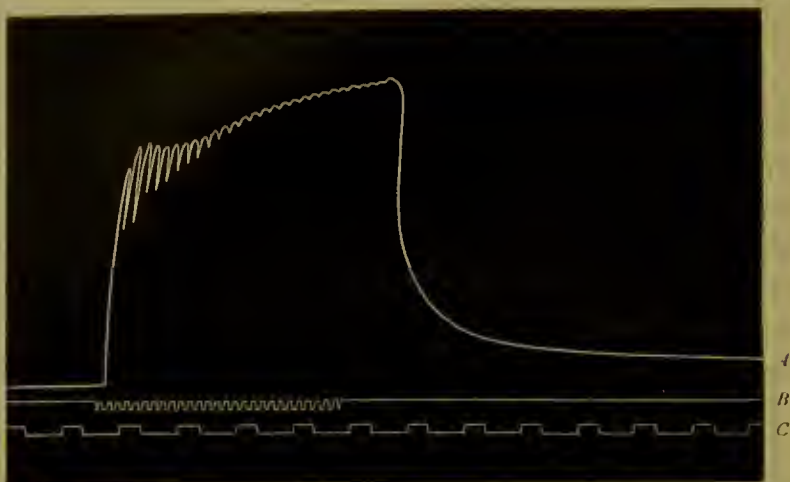


A. Scosse muscolari — B. Numero degli stimoli. — C. Min. sec.

minuto secondo, e graduando la intensità della corrente in modo, che si avesse solo la scossa di apertura.

La fig. 2 venne ottenuta aumentando la intensità dello stimolo, senza cambiarne il numero.

FIG. 2.



A. Scosse muscolari. — B. Numero degli stimoli. — C. Min. sec.

Nella fig. 1 si osservano delle onde considerevolmente alte e che vanno lentamente abbassandosi; nella fig. 2 le onde diminuiscono rapidamente nell'altezza e ben presto diventano esilissime.

Ora io non credo si possa dire che le ultime e minutissime ondulazioni, quelle della fig. 2, siano qualche cosa di essenzialmente diverso dalle prime amplissime della fig. 1 e dalle prime un po' meno ampie della fig. 2. C'è differenza ma solo nell'ampiezza.

2° Mettendo un filo metallico od una lamina metallica tra i poli di una corrente indotta proveniente da un apparecchio a slitta, posto a distanza, non riuscii mai a percepire un suono prodotto dal filo o dalla lamina. È bensì vero che HERMANN, mettendo un tubo a spirale in comunicazione con un elettromotore magnetico, percepì nel tubo un suono simile ad un rombo; ma non è men vero che cogli apparecchi ordinariamente usati questo non avviene.

3° Se si accostano gli elettrodi, provenienti dal rocchetto secondario di una slitta, all'orecchio, non si sente alcun tono. Il muscolo ha la proprietà di convertire dentro sè le singole correnti di apertura e di chiusura in altrettanti cambiamenti molecolari, che hanno per risultato uno scuotimento del muscolo stesso. Di questa proprietà è esclusivamente dotato il muscolo vivente e la sostanza da cui esso deriva (protoplasma).

Quindi nel muscolo avviene qualche cosa che non ha riscontro



nelle corde e nelle lamine metalliche. Quando nel muscolo si scarica una serie di correnti indotte, succede una reazione del muscolo allo stimolo. Nello stesso modo che la reazione del muscolo è proporzionale alla intensità dello stimolo, lo è pure alla durata. Questa reazione avviene sempre nello stesso modo, finchè il muscolo è irritabile. La essenza di essa non varia; quello che varia è il grado. Se diamo il nome di scossa alla reazione del muscolo per un solo eccitamento, dobbiamo dare pure lo stesso nome alle singole reazioni del muscolo a numerosi eccitamenti, per quanto queste reazioni siano minime. Il fatto che queste scosse minutissime dànno un suono non deve farci concludere che il muscolo si trovi allora in uno stato di movimento analogo a quello in cui si troverebbe un corpo sonoro, e che perciò non si tratti più di scosse muscolari ma sì bene di vibrazioni sonore. Il suono in questo caso sarebbe l'effetto di scuotimenti, prodotti da un rapido e vero accorciarsi ed allungarsi del muscolo e della stessa natura dell'accorciamento e rilasciamento unico, che si ha per un solo stimolo. Chiamiamo pure questo scuotimento col nome di vibrazione, di scossa, di palpito, ma si intenda sempre che si tratta di qualche cosa di essenzialmente diverso dalle vibrazioni longitudinali o trasversali di un corpo sonoro.

### 3.

La differenza che si osserva tra i risultati ottenuti da RANVIER e quelli a cui pervennero KRONECKER e STIRLING è molto grande. Perciò non la si può attribuire evidentemente ad alcuna di quelle cause, che stanno nel muscolo stesso. Di queste cause si deve sempre tener conto, giacchè esse pongono il muscolo in condizioni fisiologiche diverse per le quali dovrà rispondere in modo diverso ed eccitamenti eguali: ma le diversità cagionate da tali cause non oscillano mai in limiti tanto vasti come i numeri ottenuti da RANVIER e da KRONECKER e STIRLING.

L'altra causa, che avrebbe potuto dar luogo alla discrepanza, si deve ricercare nell'influenza perturbatrice degli apparecchi. Le mie prime esperienze furono appunto rivolte a questo scopo.

In quanto all'apparecchio usato da RANVIER ne aveva già fatta una giusta critica lo stesso MAREY, che lo aveva ideato.

Non mi resta quindi che da esaminare quello usato da KRONECKER e STIRLING.

Per non perdermi in ipotesi, feci subito uno esperimento, nel quale si riproducevano con grande approssimazione le condizioni, in cui si erano posti gli Autori.

In questo esperimento si trattava di vedere, se le singole scosse di un muscolo potessero essere trasmesse ad una leva, quando tra la leva ed il muscolo venisse interposto un filo.

A tale scopo cominciai a scrivere le vibrazioni di un diapason di KÖNIG per mezzo di una setola lunga pochi cm. (2-3), fissata ad una delle branche vibranti, di cui si poteva considerare come un prolungamento e che non alterava nè il numero nè la forma delle vibrazioni. Altre volte scrissi queste vibrazioni con un segnale elettro-magnetico, il quale ne alterava la forma, non il numero. Dopo ciò, per vedere l'effetto del filo intercalato, disposi la esperienza nel modo seguente:

1° Un diapason che dava 50 od uno che dava 100 *VD* al minuto secondo.

2° Un forte filo di seta, che si fissava ad una delle branche vibranti, e, dopo essere passato sopra una carrucola mobilissima, andava ad attaccarsi ad una leva scrivente, di secondo genere, caricata di un peso di 20 grammi, capace di ingrandire 7 volte l'ampiezza delle vibrazioni.

3° Le vibrazioni impresse al diapason erano mantenute nel modo solito con una elettro-calamita alimentata da una coppia BUNSEN o da una o due coppie GRENET.

Per tal modo la branca del diapason, che rappresentava il muscolo, trasmetteva al filo le sue vibrazioni ed il filo doveva comunicarle alla leva e questa scriverle sulla carta infumata del cilindro.

Con questa disposizione di cose feci ripetute esperienze ed ottenni dei tracciati di cui riferisco uno solo, scelto fra i molti che possiedo. In questo tracciato, fig. 3, le due linee inferiori *A* rappresentano le vibrazioni di un diapason scritte colla interposizione del filo; la seconda linea *B* è quella delle vibrazioni scritte colla setola; nella terza linea *C* le vibrazioni sono scritte col segnale elettro-magnetico; la linea superiore *D* indica i minuti secondi. Il diapason dava 50 *VD* al secondo. In questo tracciato si vede assai bene che nella linea *B* ci sono 50 punte al minuto secondo e che le linee ascendenti e discendenti (altezza

della vibrazione) sono alte 1 cm., mentre nella linea *A* non si contano che circa 40 ondulazioni, alte pochi mm.

FIG. 3



Diapason 50 *VD* al secondo.

- A.* Vibrazioni del diapason scritte coll'interposizione del filo.  
*B.* " " " colla setola.  
*C.* " " " col segnale elettro-magnetico.  
*D.* Minuti secondi.

Altri tracciati analoghi ottenni con un diapason, che dava 100 *VD*, e, quando scrivevo col filo, non ottenevo 100 onde, ma solo 50 molto basse.

Dimostrato così che, quando un diapason dà 50 oppure 100 *VD* al secondo, queste non si possono scrivere nella loro integrità, se un filo serve alla loro trasmissione, eredo poterne dedurre che anche le singole scosse di un muscolo, provocate da un eccitamento, il quale si ripeta da 50 a 100 volte al secondo, non potranno essere scritte nel caso che si ricorra ad un filo per trasmetterle alla leva.

#### 4.

Accertatomi che le esperienze di KRONECKER e STIRLING fatte con un filo, che passava sopra una carrucola, non erano abbastanza esatte, e che neppure lo erano quelle di RANVIER, fatte con la pinza miografica, si trattava di ovviare agli inconvenienti notati. Il mezzo migliore di arrivare a ciò era evidentemente quello di eliminare sia la membrana elastica sia il filo e di fissare direttamente la estremità del braccio minore di una leva al tendine od al muscolo stesso e di scrivere con la penna attaccata alla estremità dell'altro braccio.

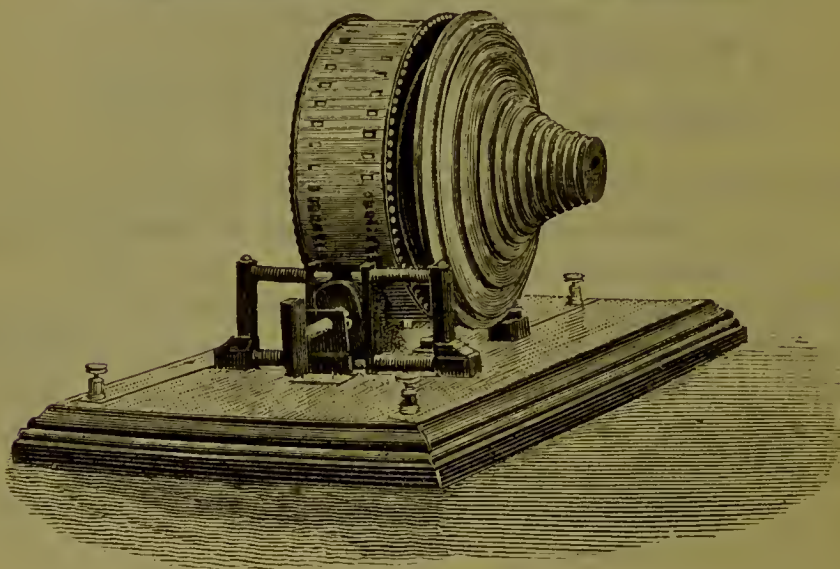
Ridotto a questa semplicità l'apparato registrante, tolto di mezzo il maggior numero delle resistenze, era esclusa la possi-

bilità che il braccio lungo della leva potesse alterare il numero delle oscillazioni impresse al braccio corto: l'unica alterazione era un ampliamento della oscillazione, il che è un vantaggio.

Questo fu il mezzo adoperato per registrare i movimenti del muscolo.

Un'altra difficoltà consisteva nel trovare un apparecchio che permettesse di graduare il numero degli eccitamenti, secondo il bisogno. Il Prof. Mosso mi consigliò di servirmi di un suo apparecchio, rappresentato dalla fig. 4.

FIG. 4.



Esso consta di una ruota di legno massiccio, il cui asse è impiantato solidamente sopra due cavalletti di ottone, in modo da poter liberamente girare. I bordi della superficie circonferenziale della ruota sono rivestiti da un cerchio metallico, su cui vengono a premere nella parte posteriore due contatti, pure metallici, immobilmente fissi. I due cerchi metallici sono riuniti da 88 listerelle di ottone disposte in modo che fra di esse restino intercalati 88 spazi di superficie legnosa.

Se l'apparecchio a questo punto fosse finito, si potrebbe con esso interrompere, ad ogni giro della ruota, 88 volte una corrente. Per poter ottenere un numero più piccolo di interruzioni a ciascuna delle listerelle di ottone venne esportato un pezzetto a breve distanza dal bordo metallico. Il pezzetto venne esportato per una listerella a destra, per l'altra a sinistra. Per tal modo



si poteva nel punto, dove mancava il pezzetto, interrompere la corrente 44 volte soltanto per ogni giro di ruota.

Due contatti mobili, situati anteriormente, possono, per mezzo di una manovella ad eccentrico, venire spostati ora verso la periferia della superficie della ruota ora verso il centro. Servendoci di questi contatti si può interrompere la corrente ora 88 ora 44 volte per giro.

A questa parte dell'apparecchio, che rassomiglia ad uno dei tanti interruttori adoperati dai fisiologi, il Prof. Mosso aggiunse la parte che si vede sul lato destro della figura. Impiantò cioè nell'asse principale della ruota una serie di 13 puleggie di diametro gradatamente decrescente in modo che formano come una specie di cono.

Il diametro di queste puleggie venne calcolato in modo da avere nel minuto secondo dei numeri di interruzioni presso a poco eguali a 20, 30, 40, 50, 60, ecc. fino a 130. Cosicchè, controllando questi valori con un segnale elettro-magnetico DEPRÉZ, si poteva essere certi di dare ad un muscolo nel minuto secondo il numero di stimoli che si voleva.

L'apparecchio per mezzo di uno dei contatti mobili anteriori, visibili nella figura, e del contatto fisso posteriore del medesimo lato, i quali terminano ciascuno in un serrafili, può venire intercalato in un circuito e sostituire così l'interrompitore della slitta di DU BOIS-REYMOND.

Per ottenere la contrazione del muscolo mi valsei:

1° Ora di una, ora di due coppie BUNSEN.

2° Di una slitta di DU BOIS-REYMOND con l'apparecchio interrompente chiuso.

3° Dell'interrompitore, che ho descritto.

4° Di un segnale DEPRÉZ.

5° Di una chiave di DU BOIS-REYMOND.

6° Del motore a gaz di LANGEN e WOLFF.

La corrente costituiva un circuito in cui erano intercalati la slitta, l'interrompitore, la chiave, il segnale. Dal rocchetto indotto od esterno della slitta partivano gli elettrodi eccitatori, che o si applicavano semplicemente sul muscolo o si infiggevano in esso. Il motore a gaz metteva in movimento l'interrompitore a ruota per mezzo di una corda di rinvio, che poteva passare in una qualunque delle puleggie dell'interrompitore: a seconda del raggio della puleggia si aveva un numero maggiore o minore di interruzioni al secondo. Il coniglio veniva narcotizzato iniettandogli nello



addome qualche c.c. di soluzione di idrato di cloralio; poi gli si scoprivano i muscoli da eccitarsi ed il loro tendine ed a questo si fissava la leva, senza staccarlo dalla sua inserzione. Ciò fatto non restava più che da eccitare il muscolo.

Perciò messo in azione il motore, posta la corda di rinvio in una delle carrucole, portato il rocchetto indotto alla voluta distanza dallo inducente, si poteva cogli elettrodi, dopo chiusa la chiave, lanciare nel muscolo una serie di eccitamenti il cui numero e la cui intensità erano facilmente determinabili ed a volontà variabili.

Con questa disposizione degli apparecchi ho fatte molte esperienze che mi diedero sempre gli stessi risultati, quando avevo cura di porre il muscolo nelle stesse condizioni. Riproduco qui pochi pezzi dei tracciati ottenuti.

Fra i muscoli bianchi ho scelto ora il retto anteriore ora il grande adduttore. Scaricai in essi ora 50, ora 60, ora 67, ora 76 eccitamenti al minuto secondo, ed in tutti i casi il muscolo bianco rispose con altrettante scosse ai singoli stimoli. Così nella fig. 5 si vede che il muscolo bianco risponde ancora 76 volte

FIG. 5



Muscolo bianco — 76 eccit. al sec. (I).

a 76 eccitamenti per minuto secondo. In questa figura la linea superiore rappresenta i minuti secondi; la inferiore corrisponde alle scosse del muscolo.

Quando il numero degli eccitamenti venne portato ad 86 per minuto secondo si ebbe tetano ben presto completo.

Tra i muscoli rossi scelsi ora il semitendinoso ora il soleo.

Scaricai in essi 14, 16, 20, 24 stimoli al secondo. Il muscolo rispose con altrettante scosse fino a 20 stimoli.

Nella fig. 6 il muscolo rosso risponde ancora con 16 scosse a 16 stimoli (B), con 20 scosse a 20 stimoli (A): si tetanizza per 24 stimoli (C).

---

(1) I denti che si osservano nell'originale di questa figura sono così minuti che non ho potuto riprodurli in tutta la loro esattezza.

In tutte queste esperienze, di cui ho riferito i risultati e riportati i tracciati, ho sempre avuto cura di usare muscoli riposati, nelle stesse condizioni di temperatura, e di eccitarli con un'intensità di eccitamento non forte e più precisamente tale da dare solo la scossa di apertura.

Quindi l'interrompitore dava un numero di interruzioni doppio del numero delle scosse con cui rispondeva il muscolo.

Da queste esperienze io credo di poter venire alle seguenti conclusioni:

1° *Le cifre trovate da RANVIER tanto pei muscoli bianchi quanto pei muscoli rossi del coniglio sono troppo grandi; quelle trovate da KRONECKER e STIRLING troppo piccole.*

2° *Il muscolo bianco del coniglio può, nelle condizioni in cui io mi sono posto, rispondere ancora con altrettante scosse ad un numero di eccitamenti per minuto secondo, che sta fra 75 ed 86; vale a dire che il muscolo bianco per entrare in tetano richiede di essere eccitato almeno 86 volte al minuto secondo.*

3° *Il muscolo rosso del coniglio può rispondere ancora con altrettante scosse a circa 20 eccitamenti al minuto secondo: per un numero maggiore di eccitamenti entra in tetano.*

4° *Il muscolo bianco per tetanizzarsi ha bisogno di un numero di eccitamenti per secondo, che sia almeno 4 volte maggiore di quello richiesto dal muscolo rosso.*

5° *Il minimum della durata di una scossa del muscolo bianco del coniglio è una frazione di minuto secondo che sta fra  $\frac{1}{76}$  ed  $\frac{1}{86}$ ; il minimum della durata di una scossa del muscolo rosso è una frazione di secondo molto approssimativamente eguale ad  $\frac{1}{20}$ ; cioè 4 volte più grande.*

Fig. 6

Muscolo rosso — A. 20 — B. 16 — C. 24 eccit. al sec.



A B C

## BIBLIOGRAFIA

- L. RANVIER. *De quelques faits relatifs à l'histologie et à la physiologie des muscles striés*. Arch. de Physiol. norm. et path., 1874, p. 5-18.
- L. RANVIER. *Note sur les vaisseaux sanguins et la circulation dans les muscles rouges*. Arch. de Physiol. norm. et path., 1874, p. 446-450.
- E. MEYER. *Ueber rothe und blasse quergestreifte Muskeln*. Reichert und Du Bois-Reymond's Archiv., 1875, S. 217-232.
- L. RANVIER. *Traité technique d'Histologie*. Paris, 1885.
- H. KRONECKER und. W. STIRLING. *Die Genesis des Tetanus*. Arch. f. Anat. und Physiologie. Physiol. Abth. 1878. S. 1-40.
- W. KRAUSE. *Die Anatomie des Kaninchens u. s. w.* Leipzig, 1878.
- M. MAREY. *Phénomènes intimes de la contraction musculaire*. Comptes rendus, t. 66, 1868, p. 202.
- IDEM. *La méthode graphique, etc.* Paris, p. 507-524.
- CH. ROUGET. *Note sur les prétendues vibrations de la contraction musculaire*. Comptes rendus, t. 64, 1867. p. 1276-1279.
- H. KRONECKER und G. STANLEY HALL. *Die willkürliche Muskelaction*. Du Bois-Reymond's Archiv., 1879, Supplement-Band, S. 11-47.
- L. HERMANN. *Handbuch der Physiologie*. I Band, I Theil, S. 48-58.
- C. RICHTER. *Physiologie des muscels et des nerfs*. Paris, 1882.
- P. GRÜTZNER. *Zur Physiologie und Histologie der Skelettmuskeln*. Centralblatt f. die medic. Wiss., N° 22, 1884.
- HELMHOLTZ. *Monatsberichte d. Berliner Akad.* 1864. S. 307: *Arch. f. Anat. u. Phys.*, 1864, S. 766: *Verh. d. naturh.-med. Ver. z. Heidelberg*, IV, 1868, S. 88.